



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 63 430 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 N 27/72**  
G 01 M 3/18

⑳ Aktenzeichen: 101 63 430.7  
㉔ Anmeldetag: 21. 12. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 31. 10. 2002

DE 101 63 430 A 1

③0 Unionspriorität:  
2000132532 26. 12. 2000 RU  
  
⑦1 Anmelder:  
NGKS International Corp., Richmond Hill, Ontario,  
CA  
  
⑦4 Vertreter:  
Herrmann-Trentepohl Grosse Bockhorni & Partner  
GbR, 81476 München

⑦2 Erfinder:  
Gavrjušin, Aleksandr Fedorovič, Moskovskaja, RU;  
Cacuev, Michail Semenovič, Moskovskaja, RU;  
Ferčev, Grigorij Petrovcič, Moskovskaja, RU;  
Tevrjukov, Michail Nikolaevič, Moskovskaja, RU;  
Urjadov, Aleksandr Sergeevič, Moskovskaja, RU;  
Karagin, Boris Alekseevič, Moskovskaja, RU  
  
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
DE 32 17 256 C2  
US 58 64 232  
WO 99 00 621 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤4 In Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop  
⑤7 Das beanspruchte, in Rohren anwendbare magne-  
tische Defektoskop dient für eine Diagnose innerhalb von  
Rohrleitungen, welche Erd- und Industriegas, Erdöl und  
Erdölprodukte befördern, unter Anwendung einer Metho-  
de zum Messen von Magnetflußverlusten. Das Defekto-  
skop enthält ein Gehäuse, zwei Gürtel von auf Magneten  
angebrachten Bürsten aus ferromagnetischem Werkstoff  
zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung, zwei  
Gürtel von mit Hall-Elementen bestückten Mehrelemen-  
ten-Magnetfeldwandlern und Mittel zur Messung, Bear-  
beitung und Registrierung von Meßdaten. Am Defekto-  
skopgehäuse befinden sich Polyurethanmanschetten, die  
für eine Bewegung des Defektoskopes mittels eines Stro-  
mes des transportierten Mediums verantwortlich sind,  
Temperatursensoren und Odometer, die einen durch das  
Defektoskop in der Rohrleitung zurückgelegten Abstand  
messen. Jeder von dem Mehrelementenwandlern besitzt  
einen Multiplexer und einen Differentialverstärker. Die  
Ausgänge der Hall-Elemente sind an die Eingänge des  
Multiplexers angeschlossen, dessen Ausgänge mit dem  
Differentialverstärker verbunden sind. Die durch einen  
Ausgang des Verstärkers gelieferten Signale werden digi-  
talisiert und in einen Speicher eines Bordcomputers unter  
Bindung an die Signale anderer Geber eingetragen. Nach  
Beendigung eines diagnostischen Durchlaufes im vorge-  
gebenen Abschnitt der Rohrleitung wird das magnetische  
Defektoskop aus der Rohrleitung herausgezogen, und die  
während der Diagnose erfaßten Daten werden in einen ...

DE 101 63 430 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft in Rohren anwendbare Vorrichtungen für eine zerstörungsfreie Kontrolle von Rohrleitungen, insbesondere von verlegten Gasfernleitungen, durch eine Bewegung einer Vorrichtung innerhalb der zu kontrollierenden Rohrleitung, welche Vorrichtung sich aus einem oder mehreren Transportmodulen zusammensetzt, die sich im Innern der Rohrleitung dank einem Druck des Gasstromes beim Gastransport über die Rohrleitung bewegen und an ihrem Gehäuse Geber tragen, die gegen irgendwelche Parameter empfindlich sind, durch die der technische Zustand der Hauptröhreleitung wiedergegeben wird. Diese Vorrichtung ist auch für eine Kontrolle innerhalb der Rohre von Erdöl- und Erdölproduktleitungen geeignet.

[0002] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop bekannt ("Zum gegenwärtigen Stand der Kontrolle über die Sicherheit von Hauptröhreleitungen", Defektoskopie, Heft 1, 2000, Seiten 3 bis 17 [1]), welches ein Gehäuse, daran angebrachte Mittel zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung und Magnetfeldsensoren in Form von Impedanzferrosonden umfaßt.

[0003] Anzeigen der Ferrosonden hängen in komplizierter Weise von einer gegenseitigen Orientierung der Ferrosonden und des Feldes eines Werkstofffehlers ab, so daß die Identifizierung von Werkstofffehlern in unebenen Bereichen der Innenoberfläche einer Rohrleitung erschwert ist.

[0004] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop British Gas Corporation (GB 2 044 459, Int. Kl. G01N27/82, 15.10.1980, [2], Analogiepatent: US 4 330 748) sowie ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop Vetco Pipeline Services Inc. (US 5 532 587, Int. Kl. G01N27/72, 02.07.1996, [3], Analogiepatent: CA 2 085 048) bekannt, welches aufweist: ein Gehäuse, daran angebrachte Mittel zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung, elastische Manschetten und Induktionsmagnetfeldsensoren, welche in Form von zwei Gürteln derart angeordnet sind, daß die Sensoren eines zweiten Gürtels die den Zwischenräumen zwischen den Sensoren eines ersten Gürtels entsprechenden Bereiche der Wandung der Rohrleitung überlappen.

[0005] Die Induktionssensoren messen ein Magnetfeld nur noch im Augenblick einer Bewegung, wodurch Messungen in den Bereichen der Rohrleitung erschwert werden, in denen eine nennenswerte Bremsung des in Rohren anwendbaren Defektoskopes (insbesondere an Stellen einer Querschnittsverminderung der Rohrleitung, in Krümmungen mit einem klein bemessenen Halbmesser) vor sich geht.

[0006] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop (SU 1 157 443, Int. Kl. G01N27/82, 23.05.85 [4]) bekannt, das ein Gehäuse, ein System zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung und innerhalb des Innenraumes einer elastischen Manschette (aus Gummi) untergebrachte magnetempfindliche Elemente aufweist.

[0007] Durch die Anordnung der magnetempfindlichen Elemente innerhalb des Innenraumes nur einer Manschette ist keine Möglichkeit gegeben, die Innenfläche eines Rohres an der Stelle einer starken Geometrieverzerrung des Querschnittes, bei der eine teilweise Manschettenquetschung stattfindet, abzutasten.

[0008] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop (Abakumow A. A., "Magnetointroskopie", Moskau, 1996, [5], Seiten 258 bis 262) bekannt, das ein Gehäuse, daran angebrachte Mittel zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung und Halbleiter-Magnetfeldsensoren in Form von Magnetodioden bzw. Magnetowiderständen umfaßt.

[0009] Wie bereits in [5], S. 260, Zeile 17 von unten, an-

gegeben steht, ist die Anwendung der Halbleiter unter den Bedingungen eines Temperaturgradienten des Arbeitsmediums des zu kontrollierenden Objektes in einem Bereich von  $-40$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  problematisch.

[0010] In nicht isothermischen Rohrleitungen (siehe z. B., Nowossjolow W. F., Goljanow A. L., Muftachow Je.M. "Typisierte Berechnungen für die Projektierung und den Betrieb von Gasleitungen", Moskau, 1982, [6], S. 52) vermag die durchschnittliche Gastemperatur um einen Wert von 5 bis  $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$  und darüber zu schwanken, was bei einer Laufgeschwindigkeit des Defektoskopes in einer Gasleitung von 3 bis 10 m/s einer Temperaturänderung des durch das Defektoskop durchfließenden Mediums bis  $6^{\circ}\text{C}$  pro Minute entspricht. Hierbei weicht zu jedem Augenblick die Wandtemperatur der Rohrleitung von der Durchschnittstemperatur im vorliegenden Abschnitt der Rohrleitung ab, welche ihrerseits sich von der Durchschnittstemperatur der Baugruppen des Defektoskopes unterscheidet. Eine Änderung der Menge des durch das Defektoskop durchfließenden Mediums zieht auch eine Änderung der Temperaturverteilung auf die Baugruppen des in Rohren anwendbaren Defektoskopes nach sich. Der Einsatz von Halbleitersensoren und elektronischen Elementen macht es unter diesen Verhältnissen erforderlich, eine Thermostabilisation der genannten Elemente herbeizuführen.

[0011] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop der Fa. Vetco ("Vetolog Pig Technical Information", USA, 1977, eingereicht beim Ministerium für Gasindustrie zur Besprechung am 27. Juli 1977, [7], und US-PS US 38 99734, Int. Kl. G01R33/12, 12.08.75, [8], Analogiepatente: CA 10 07299, DE 24 23 113, FR 22 29970, GB 14 71595, JP 50 017694) bekannt, das ein Gehäuse, daran angebrachte Mittel zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung, elastische Manschetten und Halbleiter-Magnetfeldsensoren in Form von Magnetodioden enthält.

[0012] Ein besonderes Schema für eine paarweise Anschaltung der Magnetodioden gestattet es, der thermischen Abhängigkeit von Anzeigen der Magnetodioden im wesentlichen zu begegnen. Dieses Schema ermöglicht jedoch nicht, den Meßfehlern auszuweichen, die mit thermoelektrischen bzw. thermomagnetischen Effekten zusammenhängen, welche wegen der Temperaturgradienten der Elemente der Verbindungsschaltung von den Sensorengruppen mit den Meß- und Datenbearbeitungsmitteln auftreten, welche Temperaturgradienten besonders hoch bei der Kontrolle von Rohrleitungen zur Beförderung von Gasen und gasflüssigen Mischungen sind.

[0013] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop ("Vorschriften für die technische Diagnose von Erdölfernleitungen mittels in Rohren anwendbarer Inspektions-Geräte", Moskau, 1999, Führungsdokument RD 153-39.4-035-99, [9], Seiten 137 bis 139) bekannt, welches ein Gehäuse, daran angebrachte elastische Manschetten, Mittel zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung, Magnetfeldwandler, Temperatursensoren und in das Gehäuse des Defektoskops eingebaute Mittel zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten enthält.

[0014] Durch den Einsatz der Temperatursensoren bietet sich die Möglichkeit für die Kontrolle über die Temperaturführung der Elektronik bei einem diagnostischen Durchlauf des Defektoskopes, jedoch Turbulenzen und Nichtgleichgewichtsvorgänge im transportierten Medium verursachen Temperaturgradienten zwischen den Temperatursensoren, den Magnetfeldwandlern und den Datenbearbeitungsmitteln sowie zwischen den Elementen der Verbindungskreise zur Verbindung der Temperatursensoren und der Wandler mit den Bearbeitungsmitteln, so daß die Meßergebnisse verzerrt werden und thermoelektrische bzw. thermomagnetische Er-

scheinungen zur Geltung kommen.

[0015] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop der Geschlossenen Aktiengesellschaft "Inshterny zentr "WNIST-POISK" (RU 21 33032, Int. Kl. G01N27/83, 10.07.1999, [10]), bekannt, das ein Gehäuse, eine Anordnung zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung, eine Vielzahl von magnetfeldempfindlichen Elementen, von denen jedes an einen der Eingänge eines betreffenden Differentialverstärkers angeschlossen ist, deren Vielzahl im Defektoskopgehäuse vorgesehen ist, umfaßt.

[0016] Infolge einer Entfernung der im Bereich der Innenoberfläche der Rohrleitung gelegenen empfindlichen Elemente von den betreffenden im Gehäusemantel des Defektoskopes befindlichen Differentialverstärkern vergrößern sich die Faktoren der äußeren Induktionen und der thermomagnetischen Effekte, die auf einen Temperaturgradienten zwischen dem Bereich der Anordnung der Wandler und demselben der Anordnung der Verstärker zurückzuführen sind.

[0017] Es ist ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop Pipetronix Ltd. (EP 08 25435, Int. Kl. G01N27/90, 25.02.1998, [11], Analogiepatente: US 58 64232, CA 21 84327, JP 10 090230, NO 97 1959) bekannt, das ein Gehäuse, daran angebrachte Mittel zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung, elastische Manschetten und Mehrelementen-Magnetfeldwandler, von denen jeder Mehrelementen-Magnetfeldwandler mehrere empfindliche Elemente aufweist, die in Polyurethan in Form eines Parallelogrammes mit keramischen Einsatzstücken an der an der Innenfläche der Rohrleitung gleitenden Oberfläche eines Mehrelementen-Wandlers eingebettet sind, enthält.

[0018] Eine Polyurethankompoundmasse gestattet es, dem Auftreten eines Temperaturgradienten innerhalb des Mehrelementen-Wandlers entgegenzuwirken, jedoch eine Entfernung der im Bereich der Innenfläche der Rohrleitung gelegenen empfindlichen Elemente von den betreffenden, im Defektoskopgehäuse untergebrachten Meßdatenbearbeitungsmitteln verstärkt die Faktoren der äußeren Induktionen sowie der thermoelektrischen bzw. thermomagnetischen Effekte, die mit dem Temperaturgradienten zwischen dem Bereich der Anordnung der Mehrelementen-Wandler und solchem der Anordnung der elektronischen Modulen bei der Kontrolle von nicht isothermischen Rohrleitungen zusammenhängen.

[0019] Als Prototyp für die anmeldungsgemäße Vorrichtung gilt ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop British Gas Corporation (UdSSR-Patent SU 745386, Int. Kl. G01N27/82, 30.06.1980, [12]), welches ein Gehäuse und daran angebrachte Mehrelementen-Magnetfeldwandler umfaßt, von denen jeder eine Gruppe aus vier Elementen in Form von Hall-Sensoren aufweist, die eingekapselt sind und in Öffnungen eines Panels untergebracht sind.

[0020] Bei einer vorgefertigten Konstruktion der Wandler des erwähnten Defektoskopes mit lösbaren Verbindungen haben die Hall-Elemente einen unterschiedlichen Wärmekontakt mit dem Paneel, dem Gehäuse und anderen Teilen, weswegen sich eine Temperaturänderung des über die Rohrleitung beförderten Mediums auf verschiedene Hall-Elemente unterschiedlich auswirkt, wodurch sich ein von der Mediumtemperatur abhängiger Unterschied in bezug auf die Antwort der Hall-Elemente ergibt, wobei ferner bei der genannten Konstruktion infolge einer Entfernung der im Bereich der Innenfläche der Rohrleitung angeordneten empfindlichen Elemente von den im Defektoskopgehäuse untergebrachten betreffenden Meßdatenbearbeitungsmitteln die Faktoren der äußeren Induktionen und der thermomagnetischen Effekte verstärkt werden, die mit dem Temperaturgra-

dienten zwischen dem Bereich der Anordnung der Mehrelementen-Wandler und solchem der Anordnung der elektronischen Module (insbesondere bei der Kontrolle von nicht isothermischen Gasleitungen) zusammenhängen.

5 [0021] Das anmeldungsgemäße, in Rohren anwendbare Defektoskop, das man innerhalb der zu prüfenden Rohrleitung in Bewegung bringt, umfaßt ebenfalls ein Gehäuse, Mittel zur Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung, Mehrelementen-Magnetfeldwandler und Mittel zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten, wobei 10 jeder der genannten Mehrelementen-Magnetfeldwandler eine Gruppe von magnetfeldempfindlichen Elementen aufweist.

[0022] Zum Unterschied vom Prototyp umfaßt bei dem beanspruchten Defektoskop jeder der Mehrelementen-Magnetfeldwandler einen Multiplexer und einen Verstärker, wobei die Ausgänge der angegebenen empfindlichen Elemente an die Eingänge des Multiplexers, die Ausgänge des Multiplexers an die Eingänge des Verstärkers angeschlossen sind und ein Ausgang des Verstärkers an die genannten Mittel zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten angeschlossen ist. 15

[0023] Das hauptsächliche technische Ergebnis, das durch die Realisierung der anmeldungsgemäßen Erfindung erreichbar ist, besteht darin, daß die Funktionstüchtigkeit des Defektoskopes und die Aussagekraft der Kontrolle von Rohrleitungen verbessert werden, was darauf zurückzuführen ist, daß äußere Induktionen sowie thermoelektrische bzw. thermomagnetische Effekte in der Verbindungsschaltung für die Verbindung der magnetfeldempfindlichen Elemente mit den Mitteln zur Abfrage der Elemente und zur Verstärkung der Signale im integrierten Mehrelementen-Wandler vermieden werden (das trifft insbesondere für die Kontrolle von nicht isothermischen Hauptrohrleitungen zu). 20 Dank der Organisation der Abfrage der Elemente im integrierten Verstärker werden überflüssige Verstärkerelemente im Wandler erübrigt, wodurch im wesentlichen der Energiebedarf der elektronischen Bestandteile des Wandlers, dessen Hauptanteil der Energiebedarf der Verstärkerelemente ist, und jeweils eine Wärmeentwicklung im Wandler reduziert werden. 25

[0024] In Weiterentwicklung der beanspruchten Erfindung sind die empfindlichen Elemente als Halbleiterelemente ausgebildet, wobei die genannten Mittel zur Magnetisierung der Wand der Rohrleitung zwei Gürtel von auf Magneten angebrachten Bürsten aus einem ferromagnetischen Werkstoff bilden, die mit der Innenfläche der Rohrleitung in Berührung kommen, die genannten Halbleiter-Magnetfeldwandler zwischen den genannten Bürstengürteln in Form eines Gürtels von Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandlern angeordnet sind, welche an die Innenfläche der Rohrleitung längs einer Umfangslinie im Querschnitt der Rohrleitung anstoßen, wobei weiter im hinter den genannten Bürstengürteln gelegenen Bereich – in Richtung von der Nase des Defektoskopgehäuses her gesehen – ein zweiter Gürtel von genannten Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandlern vorgesehen ist. 30

[0025] Im und/oder am Defektoskopgehäuse ist ein Temperatursensor angebracht, wobei dieser Temperatursensor hinter den genannten Mitteln zur Magnetisierung der Wand der Rohrleitung – in Richtung von der Nase des Defektoskopgehäuses her gesehen – angeordnet ist. 35

[0026] Am Defektoskopgehäuse ist ein Temperatursensor angebracht, wobei dieser Temperatursensor im Bereich vorgesehen ist, der hinter dem vorerwähnten ersten und/oder zweiten Gürtel der Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandler gelegen ist. 40

[0027] Durch die Anwendung der Halbleiter-Magnetfeld-

sensoren wird ermöglicht, bei der Identifizierung der kritischen Fehler die Magnetfeldprojektionen unabhängig von der Laufgeschwindigkeit des Defektoskopes in der Rohrleitung hinreichend genau zu definieren, wobei die Anwendung der Temperatursensoren die Anzeigen der Halbleiter-Magnetfeldsensoren während der Datenbearbeitung nach Beendigung des diagnostischen Durchlaufes des Defektoskopes zu korrigieren gestattet. Der zweite Gürtel der Magnetfeldsensoren ermöglicht die Lage von Fehlern in bezug auf die Innenwand der Rohrleitung zu bestimmen. Diese Anordnung des Temperatursensors gestattet, das Anhaften eines Mülls an dem Temperatursensor wegen eines mechanischen Kontaktes der Mittel zur Magnetisierung und der Magnetfeldsensoren mit der Innenfläche der Rohrleitung bei einer Turbulenz des Flusses zwischen den Manschetten zu vermeiden und somit einer Änderung der Wärmeträgheit des Temperatursensors zu begegnen.

[0028] Die genannten empfindlichen Elemente sind Hall-Elemente, der genannte Verstärker ist ein Differentialverstärker, an dessen Differentialeingänge die Ausgänge des genannten Multiplexers angeschlossen sind, die den paarweisen Ausgängen der Hall-Elemente entsprechen.

[0029] Der Temperaturkoeffizient für die magnetische Empfindlichkeit der genannten Hall-Elemente beläuft sich auf  $(0,01-0,1)\%/^{\circ}\text{C}$ .

[0030] Höhere Koeffizientenwerte der anmeldungsgemäßen Konstruktion gewährleisten keine Stabilität von Anzeigen, die infolge einer Temperaturänderung des Mediums im Laufe eines diagnostischen Durchlaufes die zulässigen Grenzwerte übertrifft, und bei Koeffizientenwerten, die kleiner als die angegebenen sind, zeichnen sich die Hall-Elemente durch ein geringes Lösungsvermögen in bezug auf die zu messende Größe des Magnetfeldes aus.

[0031] Das Defektoskop umfaßt eine Gleichstromquelle, die an die Eingänge der genannten empfindlichen Elemente angeschlossen sind, wobei die genannten Meßmittel Spannungsmessmittel besitzen, die an die Ausgänge der genannten empfindlichen Elemente angeschlossen sind. Der angegebene Magnetfeldwandler umfaßt einen Stromstabilisator, wobei die genannten empfindlichen Elemente in Reihe an einen Speisestromkreis geschaltet sind, der durch den genannten Stabilisator gebildet ist. Dank der Anordnung des genannten Stabilisators im integrierten Magnetfeldwandler werden Induktionen, die wegen der Stromversorgung über ein Kabel für die Verbindung mit der Speisequelle hervorgerufen werden, und eine instabile Stromversorgung wegen der Wärmeeffekte im Bereich des genannten Kabels vermieden.

[0032] Die Innenräume des genannten Magnetfeldwandlers sind mit einer Compoundmasse aufgefüllt, jedes der genannten empfindlichen Elemente besitzt einen gegen ein Magnetfeld empfindlichen Bereich, der durch einen unempfindlichen Bereich umgeben ist, wobei die Dicke der geringsten Schicht des unempfindlichen Bereiches der Elemente und der Compoundmasse zwischen dem empfindlichen Bereich aller genannten empfindlichen Elemente und des transportierten Mediums zwischen 1 und 10 mm liegt.

[0033] Die Innenräume des genannten Magnetfeldwandlers sind mit einer Compoundmasse gefüllt, wobei die Dicke der geringsten Schicht der Compoundmasse zwischen dem Gehäuse eines der beliebigen genannten Elemente des Magnetfeldwandlers und dem transportierten Mediums mindestens 1 mm ausmacht.

[0034] Die unempfindlichen Schichten und die Schichten der Compoundmasse sorgen bei den angegebenen Grenzwerten für eine Wärmeträgheit der empfindlichen Bereiche der Elemente, die für die Vermeidung der Wärmeeffekte ausreicht, die durch kurzzeitige lokale Temperaturschwankungen bedingt sind, welche für die Kontrolle von nicht isothermischen Rohrleitungen typisch sind, und gestatten es, Meßdaten nach Beendigung eines diagnostischen Durchlaufes mit Rücksicht auf die Anzeigen der Temperatursensoren zu korrigieren.

kungen bedingt sind, welche für die Kontrolle von nicht isothermischen Rohrleitungen typisch sind, und gestatten es, Meßdaten nach Beendigung eines diagnostischen Durchlaufes mit Rücksicht auf die Anzeigen der Temperatursensoren zu korrigieren.

[0035] Am Defektoskopgehäuse ist mindestens ein Odometer vorgesehen, dessen Ausgang an einen Eingang eines Adressengenerators für das abzufragende empfindliche Element angeschlossen ist, wobei die Steuerausgänge des genannten Multiplexers digitale Steuerausgänge sind und an die Ausgänge des genannten Adressengenerators für das abzufragende Element angeschlossen sind.

[0036] Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt das beanspruchte, in Rohren anwendbare Defektoskop ein Gehäuse, daran angebrachte elastische Manschetten, die Kontaktflächen für einen Kontakt mit der Innenfläche einer Rohrleitung ausbilden, Mittel zur Magnetisierung der Wand der Rohrleitung und vorerwähnte Mehrelementen-Magnetfeldwandler sowie Mittel zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten, wobei im Bereich der Nase des Defektoskopgehäuses an diesem eine kegelförmige Manschette vorgesehen ist, vor dieser kegelförmigen Manschette mindestens eine elastische Manschette angeordnet ist, die eine Kontaktfläche zur Kontaktierung mit der Innenfläche der Rohrleitung bildet, wobei weiter die Außenfläche der kegelförmigen Manschette eine Mantelfläche eines Zylinders, dessen Durchmesser höchstens  $0,98$  des Außendurchmessers der Rohrleitung beträgt, und eine daran angrenzende Mantelfläche eines Kegels ausbildet, die Mantellinie des Kegels mit der Hauptachse der Rohrleitung einen Winkel von höchstens  $50^{\circ}$  ausbildet, ein Teil der genannten kegelförmigen Manschette im Bereich, gelegen zwischen einem Querschnittsdurchmesser des genannten Kegels von  $0,75$  des Maximaldurchmessers und dem Maximaldurchmesser, frei verformbar ist, der Bereich des über die Rohrleitung transportierten Mediums vor der genannten kegelförmigen Manschette mit dem Bereich des transportierten Mediums hinter der genannten kegelförmigen Manschette über Öffnungen in der kegelförmigen Manschette und/oder dem Defektoskopgehäuse kommuniziert. Die genannten Mehrelementen-Magnetfeldwandler sind Halbleiter, im und/oder am Defektoskopgehäuse ist ein Temperatursensor vorgesehen, dieser Temperatursensor befindet sich im Bereich, der hinter der genannten kegelförmigen Manschette gelegen ist. Die genannten Mittel zur Magnetisierung der Wand der Rohrleitung umfassen zwei Gürtel von auf Magneten angebrachten Bürsten aus einem ferromagnetischen Werkstoff, welche mit der Innenfläche der Rohrleitung in Kontakt stehen, wobei die angegebenen Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandler zwischen den genannten Bürstengürteln in Form eines Gürtels von den Wandlern angeordnet sind und an die Innenfläche der Rohrleitung längs einer Umfangslinie des Querschnittes der Rohrleitung angrenzen, im hinter der genannten Bürstengürtel gelegenen Bereich ein zweiter Gürtel von den Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandlern vorgesehen ist, wobei weiter im hinter dem angegebenen zweiten Gürtel der Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandler gelegenen Bereich mindestens ein Temperatursensor angeordnet ist. Jeder der genannten Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandler enthält mehrere Hall-Elemente, die an die angegebenen Mittel zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten angeschlossen sind, wobei die Innenräume des Temperatursensors mit einer Compoundmasse befüllt sind. Die angegebenen Mittel zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten umfassen Mittel zur Digitalumwandlung von Daten, wobei das Defektoskopgehäuse mindestens einen hermetisch abgedichteten Mantel mit einer axialen Symmetrie besitzt, der

die genannten Mittel zur Digitalumwandlung von Daten aufnimmt, der genannte Temperatursensor an der Außenseite des genannten Mantels angebracht ist. Die angegebene kegelförmige Manschette besteht aus Polyurethan und befindet sich vor den angegebenen Mitteln zur Magnetisierung der Wand der Rohrleitung und vor den angegebenen Magnetfeldsensoren. Am Defektoskopgehäuse sind mindestens 4 und höchstens 10 genannte elastische Manschetten angebracht, die eine Kontaktfläche zur Kontaktierung mit der Innenfläche der Rohrleitung ausbilden, wobei vor der genannten kegelförmigen Manschette höchstens drei genannte elastische Manschetten vorgesehen sind und hinter der genannten kegelförmigen Manschette mindestens zwei genannte elastische Manschetten angeordnet sind. Die vorgenannte Mantellinie des Kegels bildet mit der Hauptachse der Rohrleitung einen Winkel zwischen 20 und 50°, wobei die Länge der genannten Mantelfläche des Zylinders in Richtung zur Hauptachse der Rohrleitung hin mindestens 0,2 des Durchmessers des genannten Zylinders beträgt. Der Durchmesser des genannten Zylinders liegt zwischen 0,94 und 0,97 des Außendurchmessers der zu kontrollierenden Rohrleitung, während die Dicke des frei verformbaren Teiles der genannten Manschette 0,03 bis 0,08 des Außendurchmessers der Rohrleitung beträgt. Der vor der kegelförmigen Manschette gelegene Bereich des über die Rohrleitung transportierten Mediums kommuniziert mit dem hinter der kegelförmigen Manschette gelegenen Bereich des transportierten Mediums – in Richtung von der Nase des Defektoskopgehäuses her gesehen – über Öffnungen in der Manschette und/oder dem Defektoskopgehäuse, wobei der summarische Durchlaßquerschnitt der angegebenen Öffnungen zwischen 0,4 und 4% der Querschnittsfläche der Rohrleitung liegt. Im kegelförmigen Teil der genannten kegelförmigen Manschette sind im Bereich, gelegen zwischen einem Außendurchmesser von 0,8 des Maximaldurchmessers und dem Maximaldurchmesser, Durchgangsöffnungen vorgesehen, deren summarischer Durchlaßquerschnitt 0,4 bis 4% der Querschnittsfläche der Rohrleitung ausmacht.

[0037] Der angegebene Temperatursensor ist ein integrierter Temperatursensor.

[0038] Die Wärmeaustauschzahl des Temperatursensors für den Wärmeaustausch mit dem beförderten Medium übertrifft dieselbe des empfindlichen Bereiches des Halbleiter-Magnetfeldwandlers für den Wärmeaustausch mit dem beförderten Medium höchstens um das 5fache.

[0039] Die elastischen Manschetten einschließlich der kegelförmigen Manschette bestehen aus einem Polyurethan mit einer Shorehärte zwischen 70 und 100 A.

[0040] Am besten ist ein solches in Rohren anwendbares Defektoskop für die Kontrolle von Rohrleitungen mit einem Außendurchmesser von höchstens 600 mm geeignet.

[0041] Es zeigen:

[0042] Fig. 1 ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop;

[0043] Fig. 2 ein Schema, welches die Funktionsweise des in Rohren anwendbaren magnetischen Defektoskopes veranschaulicht;

[0044] Fig. 3 ein Schema, welches die Funktionsweise eines Mehrelementen-Magnetfeldwandlers veranschaulicht;

[0045] Fig. 4 einen Teil eines Defektoskopgehäuses mit einer daran angebrachten kegelförmigen Manschette;

[0046] Fig. 5 eine graphische Abbildung der Daten, die durch einen zweiten Gürtel der Mehrelementen-Magnetfeldwandler – von der Nase des Defektoskopgehäuses her gesehen – unter Bindung an einen gemessenen, innerhalb einer Rohrleitung zurückgelegten Abstand geliefert sind;

[0047] Fig. 6 eine graphische Abbildung der Daten, die durch einen ersten Gürtel der Mehrelementen-Magnetfeld-

wandler – von der Nase des Defektoskopgehäuses her gesehen – unter Bindung an einen gemessenen, innerhalb einer Rohrleitung zurückgelegten Abstand geliefert sind;

[0048] Fig. 7 eine graphische Abbildung der Daten, die durch das Defektoskop im Bereich eines Wandfehlers einer Rohrleitung in Form eines Risses gewonnen sind;

[0049] Fig. 8 eine graphische Abbildung der Daten, die durch das Defektoskop im Bereich eines Metallverlustes durch eine Korrosion der Wandung einer Rohrleitung gewonnen sind.

[0050] Fig. 1 zeigt ein in Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop bei einer Untersuchung von Rohrleitungen mit einem (bedingten) Außendurchmesser von 20" (529 mm), dessen Wirkungsweise auf einer Methode zur Messung von Magnetflußverlusten beruht. Das entwickelte, in Rohren anwendbare magnetische Defektoskop fit eine zerstörungsfreie Kontrolle von Rohrleitungen hat erfolgreich Tests bestanden und ist zur Zeit in Betrieb. Das Defektoskop ist in drei Hauptsektionen, nämlich eine Batteriesektion 1, eine magnetische Sektion 2 und eine Gerätesektion 3 unterteilt. Die Vorrichtung besitzt zwei Gürtel von an der magnetischen Sektion 2 angebrachten Magneten 4 und 5, die für eine Magnetisierung der Wand einer Rohrleitung sorgen, einen Gürtel von Magnetfeldwandlern 6, die an der magnetischen Sektion 2 zwischen den Magnetgürteln angeordnet sind, einen Gürtel von Magnetfeldwandlern 7, die an der Gerätesektion montiert sind, wobei die Vorrichtung ferner Weggeber für eine in der Rohrleitung zurückgelegte Weglänge (Odometer) 28, 29 (Fig. 1, 2 und) enthält, die durch die Gerätesektion 3 getragen werden.

[0051] Elektronische Mittel für eine digitale Bearbeitung von Meßdaten sind in explosionsgeschützten Gehäusemänteln des Defektoskopes untergebracht, wobei die Länge einer Spalte bei den Verbindungen mindestens 12,5 mm, die Länge der Spalte bis an eine Öffnung mindestens 8 mm und die Breite der Spalte max. 0,15 mm beträgt.

[0052] Im Mantel der Batteriesektion 1 (Fig. 2) sind ein Batteriespeiseblock 21, ein Modul 22 zur Umformung der Batteriespannung zu einer Spannung für die Stromversorgung der elektronischen Module und ein eigensicheres Modul 23 vorgesehen.

[0053] Ein Ausgang des Batteriespeiseblockes 21 ist auf einen Eingang des Spannungsumformmoduls 22 geschaltet, dessen Ausgänge über das eigensichere Modul 23 an ein Speiseverteilungsmodul 25 der Gerätesektion angeschlossen sind. Die Ausgänge des Speiseverteilungsmoduls 25 sind mit allen elektronischen Modulen und den Elementen der Gerätesektion verbunden.

[0054] Am Gehäuse der magnetischen Sektion 2 (Fig. 1 und 2) befinden sich ein Gürtel 6 der Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandler, welche an die Innenfläche der Rohrleitung durch eine Halterung der Magnetfeldwandler angedrückt werden, und Analog-Digitalumsetzblöcke 24 zur Umsetzung von Meßdaten.

[0055] Die Magnetfeldwandler sind an die Analog-Digitalumsetzblöcke angeschlossen, deren Ausgänge mit Modulen 32 zur Datendigitalumsetzung der Gerätesektion 3 verbunden sind.

[0056] In der Gerätesektion 3 (Fig. 2) befinden sich ein Speiseverteilungsmodul 25, ein Bordcomputer 25 mit einem Speicherblock 27 mit einer Festkörperspeicherung, ein Außendruckgeber 30, ein Geber 31 für den Drehwinkel des Defektoskopes um die Hauptachse einer Rohrleitung und Datendigitalumsetzmodule 32.

[0057] Am Gehäuse der Gerätesektion 3 (Fig. 1, 2 und 3) sind ein Gürtel von den Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandlern 7, die an die Innenfläche der Rohrleitung durch eine Halterung der Wandler angedrückt werden, Odo-

meter 28, 29 und Daten-Analog-Digitalumsetzblöcke 33 angeordnet, wobei in das Gehäuse aller angegebenen Blöcke ein Temperatursensor 34 eingebaut ist. An die Daten-Analog-Digitalumsetzblöcke 33 sind die Magnetfeldwandler und die Odometer angeschlossen.

[0058] An die Blöcke 33 sind fernerhin der Außendruckgeber 30, der Drehwinkelgeber 31 und die in die Gehäuse der Blöcke 33 eingebauten Temperatursensoren 34 angeschlossen.

[0059] Die Ausgänge der Analog-Digitalumsetzblöcke 33 sind mit den Digitalumsetzmodulen 32 verbunden, deren Ausgänge an den Bordcomputer gelegt sind.

[0060] Die Sektionen des Defektoskopes sind untereinander mit Hilfe eines gelenkigen Triebes und elektrischer Kabel, die mit dem im Innern der Rohrleitung transportierten Medium in Kontakt stehen, verbunden, wobei in die Kabelkreise die eigensicheren Module 23 eingebaut sind.

[0061] Es werden integrierte Temperatursensoren Analog Devices und Hall-Elemente mit einer Magnetempfindlichkeit von mindestens  $350 \mu\text{V/mT}$  und einem Temperaturkoeffizienten für die Magnetempfindlichkeit von max.  $0,05 \text{ } ^\circ\text{C}$  benutzt. Die Hall-Elemente sind in den Magnetfeldwandlern mit einer Epoxydcompoundmasse eingegossen.

[0062] Alle Mehrelementen-Wandler (Fig. 3) enthalten Hall-Elemente 71, 72, 73, 74, einen Stromstabilisator 75, einen Multiplexer 76 und einen Differentialverstärker 77. Das Datendigitalumsetzmodul 32 besitzt einen Adressengenerator 35 für das abzufragende Hall-Element. Die Hall-Elemente 71 bis 74 sind in Reihe auf einen Speisekreis geschaltet, der durch die Ausgänge des Stromstabilisators 75 gebildet sind. Die ersten Ausgänge der Hall-Elemente sind mit den ersten Eingängen des Multiplexers und die zweiten Ausgänge der Hall-Elemente mit den zweiten Eingängen des Multiplexers 76 verbunden. Ein erster Ausgang des Multiplexers (welcher die Daten von den ersten Eingängen des Multiplexers her durchläßt) ist an einen ersten Eingang des Differentialverstärkers 77 angeschlossen. Ein zweiter Ausgang des Multiplexers (welcher die Daten von den zweiten Eingängen des Multiplexers her durchläßt) ist an einen zweiten Eingang des Differentialverstärkers 77 angeschlossen. Ein Ausgang des Differentialverstärkers 77 ist an einen der Eingänge des Daten-Analog-Digitalumsetzblockes 33 angeschlossen.

[0063] Die Ausgänge der Odometer 28, 29 sind an die entsprechenden Eingänge des Daten-Analog-Digitalumsetzblockes 33 angeschlossen. Der Ausgang des Daten-Analog-Digitalumsetzblockes 33, der den digitalisierten, von einem der Odometer 28, 29 gelieferten Daten entspricht, ist an einen Eingang des Adressengenerators für das abzufragende Element 35 angeschlossen, dessen digitaler Ausgang an einen digitalen Steuereingang des Multiplexers 76 angeschlossen ist. Der Signalpegel am Ausgang des Generators 35 entspricht um die gleiche Zeit der Norm "Transistor-Transistor-Logik" und "Komplementärstruktur: Metall-Oxid-Halbleiter".

[0064] An jeder Sektion (Fig. 1 und 4) sind treibende Polymermanschetten 10 angebracht, von denen jede eine Kontaktfläche zur Kontaktierung mit der Innenfläche einer Rohrleitung bildet, wobei im Bereich der Nase des Defektoskopgehäuses eine kegelförmige Manschette 9 aus Polyurethan vorgesehen ist. Die Außenfläche der Manschette 9 bildet eine Mantelfläche eines Zylinders 41 (Fig. 4) und eine daran anstoßende Mantelfläche eines Kegels 42. Ein Teil 43 der kegelförmigen Manschette 9 ist am Defektoskopgehäuse starr befestigt und ist nicht befähigt, sich frei zu verformen, während sich der Manschettenrest beim Durchlauf des Defektoskopes innerhalb einer Rohrleitung frei verformt. Der Durchmesser der Mantelfläche des Zylinders beträgt

505 mm, die Mantellinie des Kegels bildet mit der Hauptachse der Rohrleitung einen Winkel von  $40^\circ$ , die Länge der Mantelfläche des Zylinders in Richtung zur Hauptachse der Rohrleitung hin beträgt  $0,23$  des Zylinderdurchmessers, im kegelförmigen Teil der kegelförmigen Manschette sind im Bereich des Außendurchmessers der Manschette, der  $0,85$  des Maximaldurchmessers beträgt, Durchgangsöffnungen vorgesehen, deren summarischer Durchlaßquerschnitt  $0,5$  der Querschnittsfläche der Rohrleitung ausmacht. Die elastischen Manschetten bestehen aus einem Polyurethan mit einer Shorehärte von 85 A. Der Durchmesser der treibenden Manschetten 10 beträgt im Querschnitt des größten Durchmessers 527 mm.

[0065] Die Vorrichtung funktioniert wie folgt.

[0066] Ein magnetisches Defektoskop wird in einer Rohrleitung untergebracht, Gas (Öl, Ölprodukte) wird (werden) über die Rohrleitung fortgepumpt. Während der Bewegung des magnetischen Defektoskopes in der Rohrleitung wird eine Magnetinduktion nahe der Innenfläche der Rohrleitung erzeugt und gemessen, die Meßdaten werden bearbeitet und in den Speicher 27 des Bordcomputers 26 eingetragen.

[0067] Das Magnetisieren der Wand der Rohrleitung geschieht innerhalb der Zone, die zwischen den Drahtbürsten 4 und 5 der magnetischen Sektion 2 gelegen ist. In derselben Zone befinden sich die Mehrelementen-Wandler 6 zur Magnetinduktionsmessung.

[0068] Die Methode für die magnetische Defektoskopie besteht darin, daß die Wand einer Rohrleitung bis auf einen gesättigten Zustand magnetisiert und die Magnetinduktion in der Nähe von dem magnetisierten Abschnitt gemessen wird. Das Magnetisieren wird mit Hilfe von Permanentmagneten in Richtung, die sich mit einer Längsachse der Rohrleitung legt, vorgenommen. Die Größe der magnetischen Induktion, welche oberhalb eines fehlerfreien Abschnittes gemessen worden ist, trägt eine Information über die Wanddicke der Rohrleitung. Das Vorhandensein von Rissen bzw. Fehlern, die auf einen Metallverlust (Korrosion, Grate) zurückzuführen sind, ergeben eine Änderung der Größe und der Verteilungsart der magnetischen Induktion.

[0069] Nach Beendigung eines diagnostischen Durchlaufes im vorliegenden Abschnitt der Rohrleitung wird das magnetische Defektoskop aus der Rohrleitung herausgezogen, und die während der Diagnose erfaßten Daten werden in einen außerhalb des Defektoskopes befindlichen Computer eingetragen.

[0070] Eine spätere Auswertung der gespeicherten Daten läßt über das Vorhandensein von Fehlern schließen und deren Maße definieren.

[0071] Während einer Bewegung des Defektoskopes innerhalb der Rohrleitung werden die Räder der Odometer 28 und 29 an die Wand der Rohrleitung durch Federn gedrückt, und an den Ausgängen der Odometer bilden sich Analogimpulsfolgen, die im Daten-Analog-Digitalumsetzblock 33 digitalisiert werden. Die digitalisierten Daten der Odometer werden in den Speicherblock 27 des Bordcomputers eingetragen. Darüber hinaus kommen beim Datendigitalumsetzblock 32 die digitalisierten Daten eines der Odometer an den Adressengenerator für das abzufragende Element 35. Nach Ankommen eines jeden Impulses des Odometers 35 bildet sich an einem zweistelligen Ausgang des Generators 35 ein Zyklus aus vier Adressen, von denen jede Adresse an einem Steuereingang des Multiplexers 76 Daten eines von vier Hall-Elementen 71 bis 74 zum Durchlaß öffnet. Die Signale der Hall-Elemente werden mit Hilfe des Differentialverstärkers direkt im integrierten Mehrelementen-Magnetfeldwandler verstärkt und gelangen an den Daten-Analog-Digitalumsetzblock 33, der an der Außenseite der Gehäusemäntel des Defektoskopes angebracht ist.



[0072] Bei der Verwendung des beanspruchten Defektoskopes bei einer bevorzugten Ausführungsform verursacht ein Druckgefälle an der kegelförmigen Manschette eine Ausdehnung der Manschette, eine Deckung des Durchlaßquerschnittes zwischen der Außenfläche der Manschette und der Innenfläche einer Rohrleitung, eine Ausglei- 5 chung der Geschwindigkeitsabnahme und ein Absperren eines aus den hinter der kegelförmigen Manschette gelegenen Bereichen kommenden expandierenden Gasstromes.

[0073] Fig. 5 bis 8 zeigen Ergebnisse der Bearbeitung der Daten, die nach einem diagnostischen Durchlauf des beanspruchten, in Rohren anwendbaren magnetischen Defektoskopes gewonnen wurden. An einer Abszissenachse L ist ein innerhalb einer Rohrleitung zurückgelegter Abstand und an einer Ordinatenachse Fi ein Winkel um die Hauptachse der Rohrleitung herum dargelegt, wobei durch die Kurven die gemessene Abweichung der Magnetfeldintensität dH in der Nähe von der Innenfläche der Rohrleitung wiedergegeben ist. In den abgebildeten Abschnitten (Fig. 5 und 6) werden transversale Schweißnähte 51, 52, eine Zweigleitung 53 und ein Metallgrat 54 nach Schweißen des zu kontrollierenden Rohres und der Zweigleitung 53 identifiziert. In Abschnitten, die in Fig. 7 und 8 gezeigt sind, sind ein Fehler 55 in Form eines Risses in der Wand der Rohrleitung, ein Metallverlust 56 infolge einer Korrosion der Wand der Rohrleitung und eine transversale Schweißnaht 57 erkennbar. Eine Korrelationsanalyse der durch den ersten und zweiten Gürtel der Magnetfeldsensoren gelieferten Daten gestattet unter Anwendung mathematischer Fehlermodelle die Lage von Fehlern in der Rohrtiefe eindeutig zu identifizieren, deren Parameter zu definieren und eine Festigkeitsberechnung für in Betrieb befindliche Rohrleitungen vorzunehmen. 30

#### Patentansprüche

1. In Rohren anwendbares magnetisches Defektoskop, das man sich innerhalb einer zu kontrollierenden Rohrleitung bewegen läßt, mit einem Gehäuse, Mitteln zur Magnetisierung der Wand der Rohrleitung, Mehrelementen-Magnetfeldwandlern und Mitteln zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten, wobei jeder der genannten Mehrelementen-Magnetfeldwandler eine Gruppe von magnetfeldempfindlichen Elementen umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der genannte Mehrelementen-Magnetfeldwandler 45 weiters einen Multiplexer und einen Verstärker aufweist und daß die Ausgänge der genannten empfindlichen Elemente an die Eingänge des Multiplexers, die Ausgänge des Multiplexers an die Eingänge des Verstärkers und ein Ausgang des Verstärkers an die genannten Mittel zur Messung, Bearbeitung und Registrierung von Meßdaten angeschaltet sind (ist).
2. Defektoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die im Anspruch 1 angegebenen empfindlichen Elemente Halbleiter sind, daß die im Anspruch 1 angegebenen Mittel zur Magnetisierung der Wand der Rohrleitung zwei Gürtel von auf Magneten angebrachten Bürsten aus ferromagnetischem Werkstoff, die mit der Innenfläche der Rohrleitung in Kontakt stehen, umfassen, wobei die genannten Halbleiter-Magnetfeldwandler zwischen den genannten Gürteln der Bürsten in Form eines Gürtels von Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandlern, welche an die Innenfläche der Rohrleitung über eine Umfangslinie des Querschnittes der Rohrleitung angrenzen, angordnet sind und daß im hinter den genannten Gürteln der Bürsten gelegenen Bereich – in Richtung von der Nase des Defektoskopgehäuses her gesehen – ein zweiter Gürtel 65

der genannten Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandler vorgesehen ist.

3. Defektoskop nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß am Defektoskopgehäuse ein Temperatursensor angebracht ist, wobei dieser Temperatursensor in einem hinter dem ersten im Anspruch 2 angegebenen und/oder zweiten Gürtel der Mehrelementen-Halbleitermagnetfeldwandler gelegenen Bereich angebracht ist.

4. Defektoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die im Anspruch 1 angegebenen empfindlichen Elemente Hall-Elemente sind und daß der im Anspruch 1 angegebene Verstärker ein Differentialverstärker ist, an dessen Differenzialeingänge die Ausgänge des im Anspruch 1 angegebenen Multiplexers, welche den paarweisen Ausgängen der Hall-Elemente entsprechen, angeschlossen sind.

5. Defektoskop nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturkoeffizient der Magnetempfindlichkeit der im Anspruch 4 angegebenen Hall-Elemente (0,01 bis 0,1)%/°C beträgt.

6. Defektoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Defektoskop eine Gleichstromquelle aufweist, die an die Ausgänge der im Anspruch 1 angegebenen empfindlichen Elemente angeschlossen ist und daß die im Anspruch 1 angegebenen Meßmittel Spannungsmeßmittel umfassen, die mit den Ausgängen der genannten empfindlichen Elemente verbunden sind.

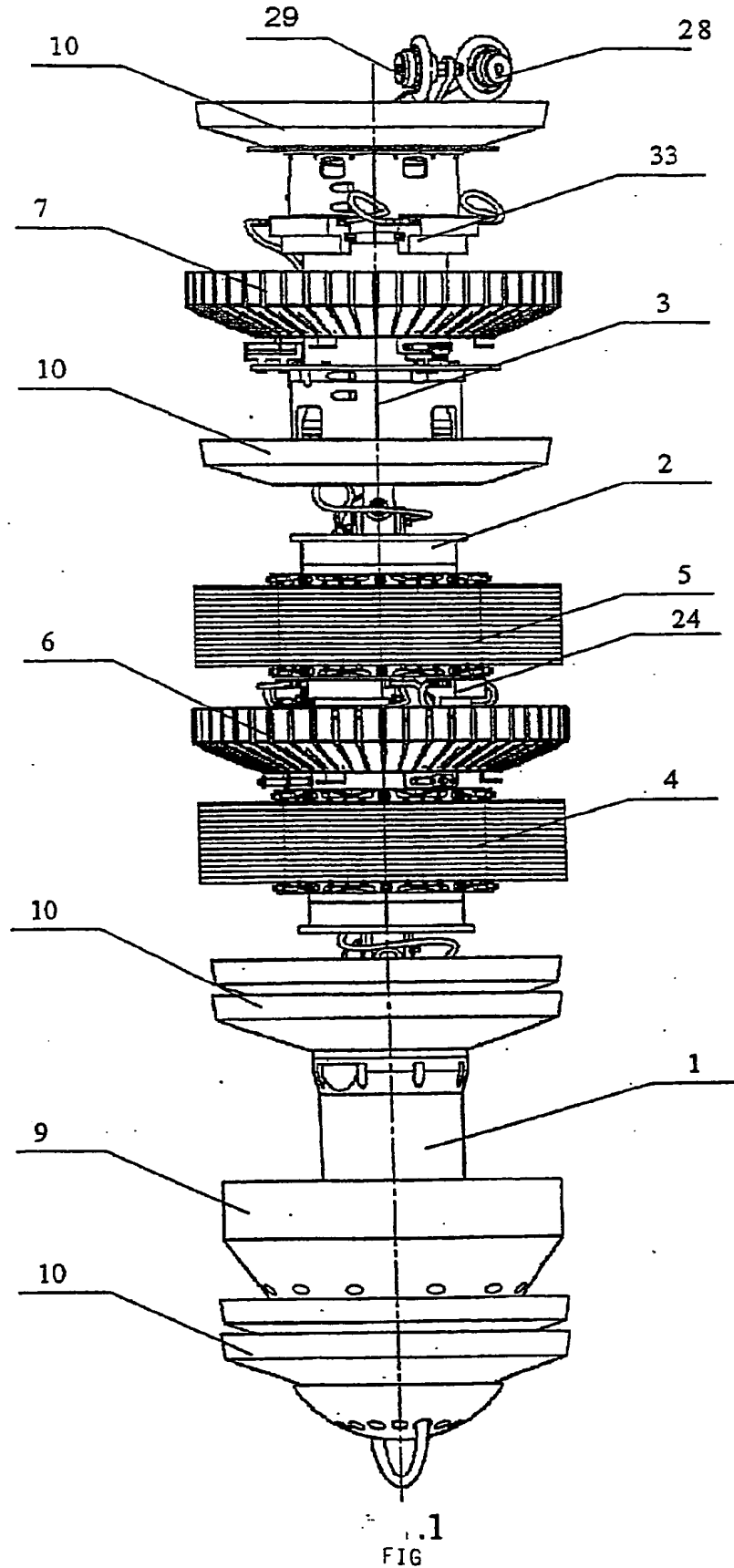
7. Defektoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der im Anspruch 1 angegebene Magnetfeldwandler einen Stromstabilisator aufweist, wobei die im Anspruch 1 angegebenen empfindlichen Elemente in Reihe mit einem Speisekreis verbunden sind, der durch den genannten Stromstabilisator gebildet ist.

8. Defektoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenräume des im Anspruch 1 angegebenen Magnetfeldwandlers mit einer Compoundmasse gefüllt sind und daß jedes der im Anspruch 1 angegebenen empfindlichen Elemente einen magnetfeldempfindlichen Bereich aufweist, der durch einen unempfindlichen Bereich umgeben ist, wobei die Dicke der geringsten Schicht des unempfindlichen Bereiches und der Compoundmasse zwischen dem empfindlichen Bereich jedes der angegebenen empfindlichen Elemente und dem transportierten Medium zwischen 1 und 10 mm liegt.

9. Defektoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenräume des im Anspruch 1 angegebenen Magnetfeldwandlers mit einer Compoundmasse gefüllt sind und daß die Dicke der geringsten Schicht der Compoundmasse zwischen dem Gehäuse eines der beliebigen, im Anspruch 1 angegebenen Elemente des Magnetfeldwandlers und dem transportierten Medium mindestens 1 mm beträgt.

10. Defektoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Defektoskopgehäuse mindestens ein Odometer angebracht ist, dessen Ausgang an einen Eingang eines Adressengenerators für das abzufragende empfindliche Element angeschaltet ist und daß die Steuereingänge des im Anspruch 1 angegebenen Multiplexers digitale Steuereingänge sind, die an die Ausgänge des genannten Adressengenerators für das abzufragende empfindliche Element angeschlossen sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen





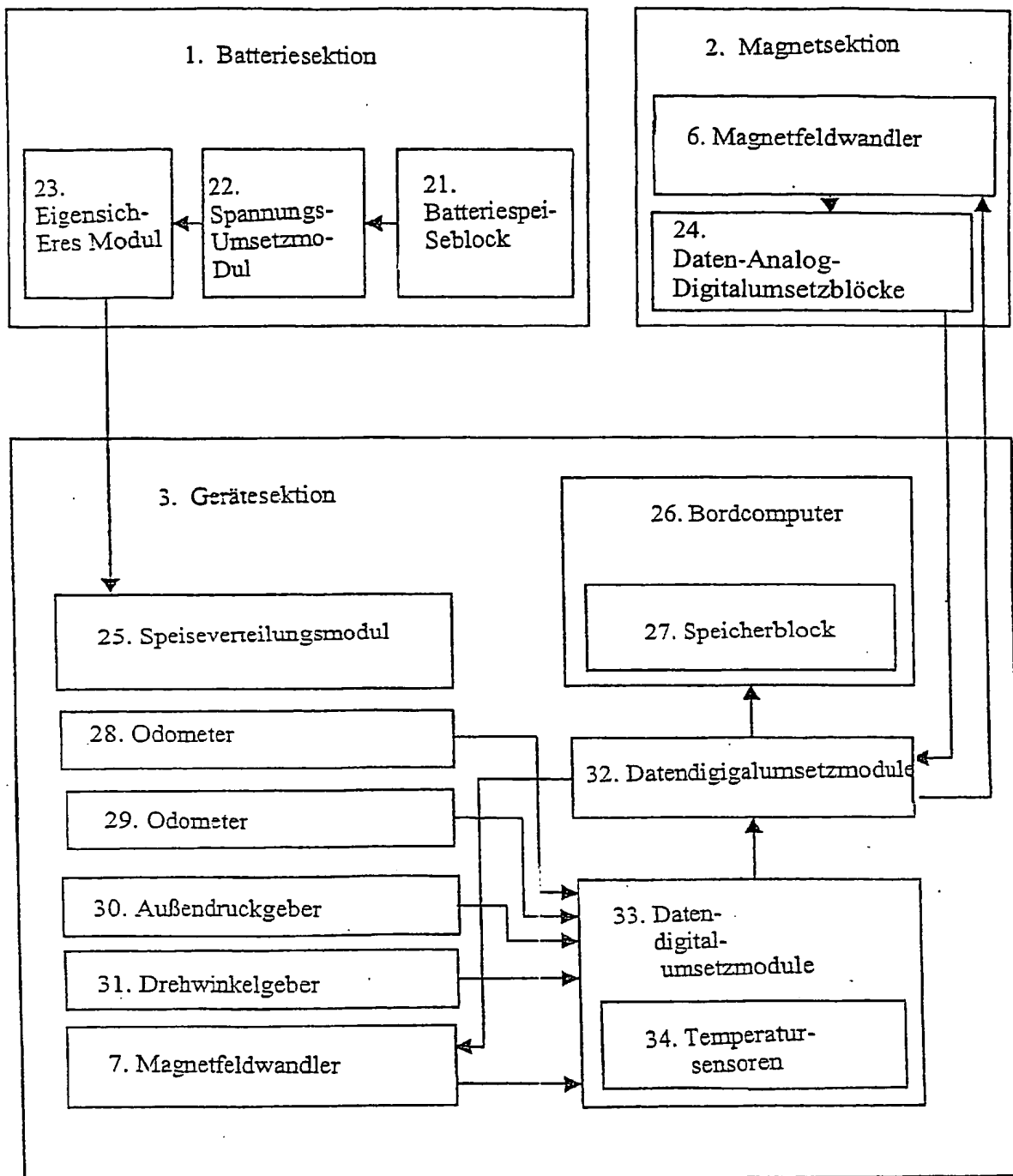


Fig. 2

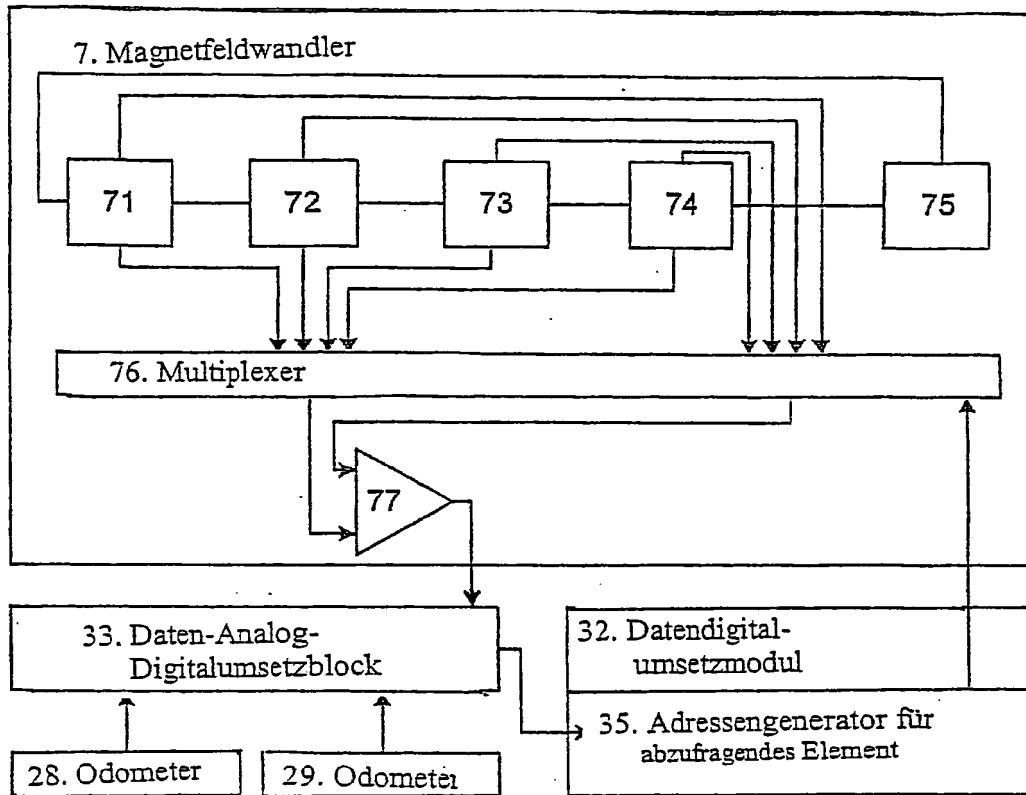


Fig. 3

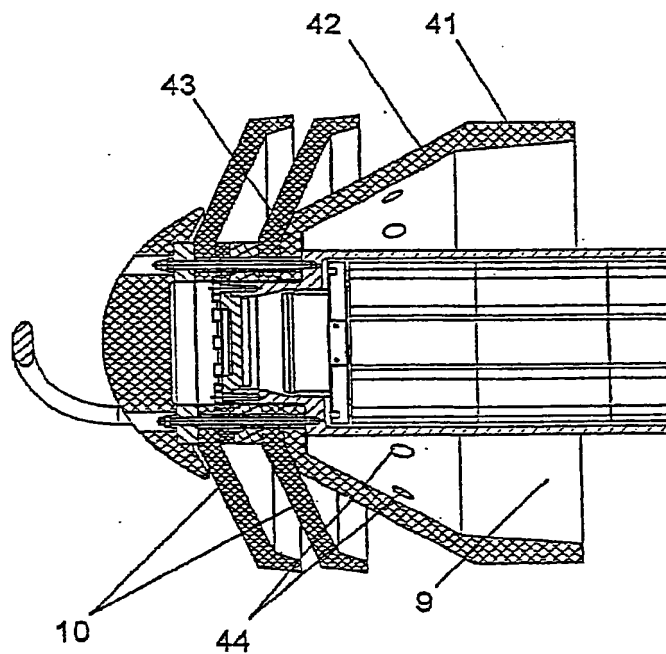


Fig. 4

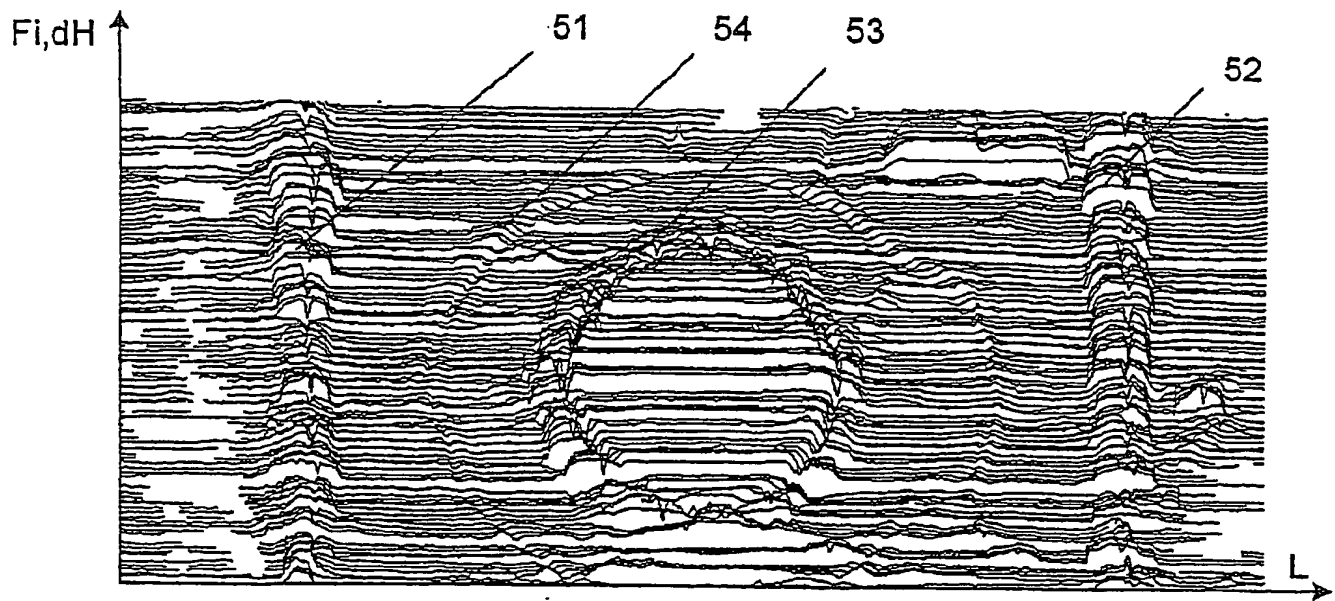
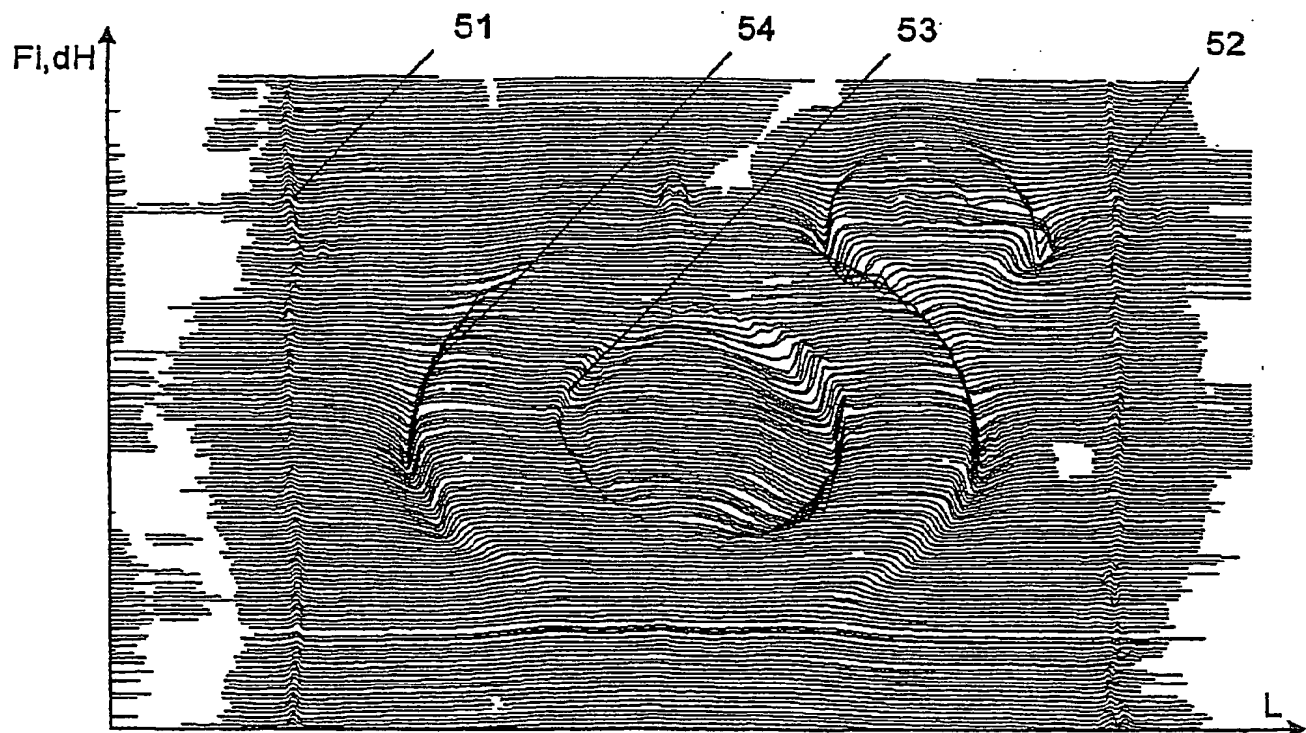


FIG. 5



BEST AVAILABLE COPY

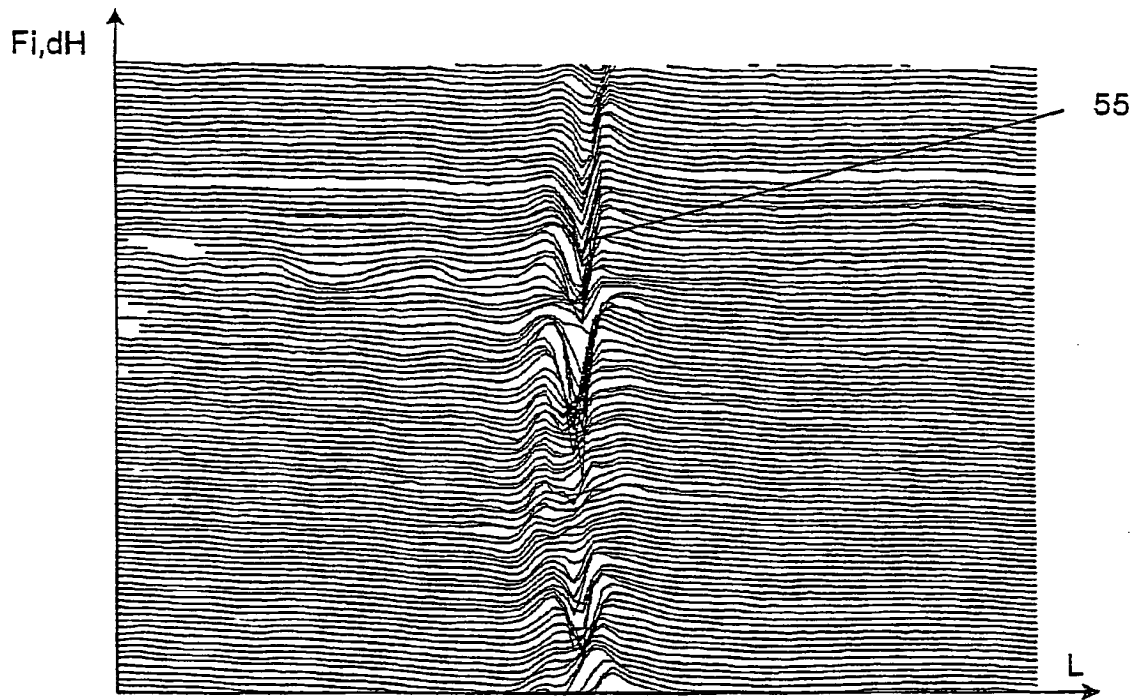


FIG. 7

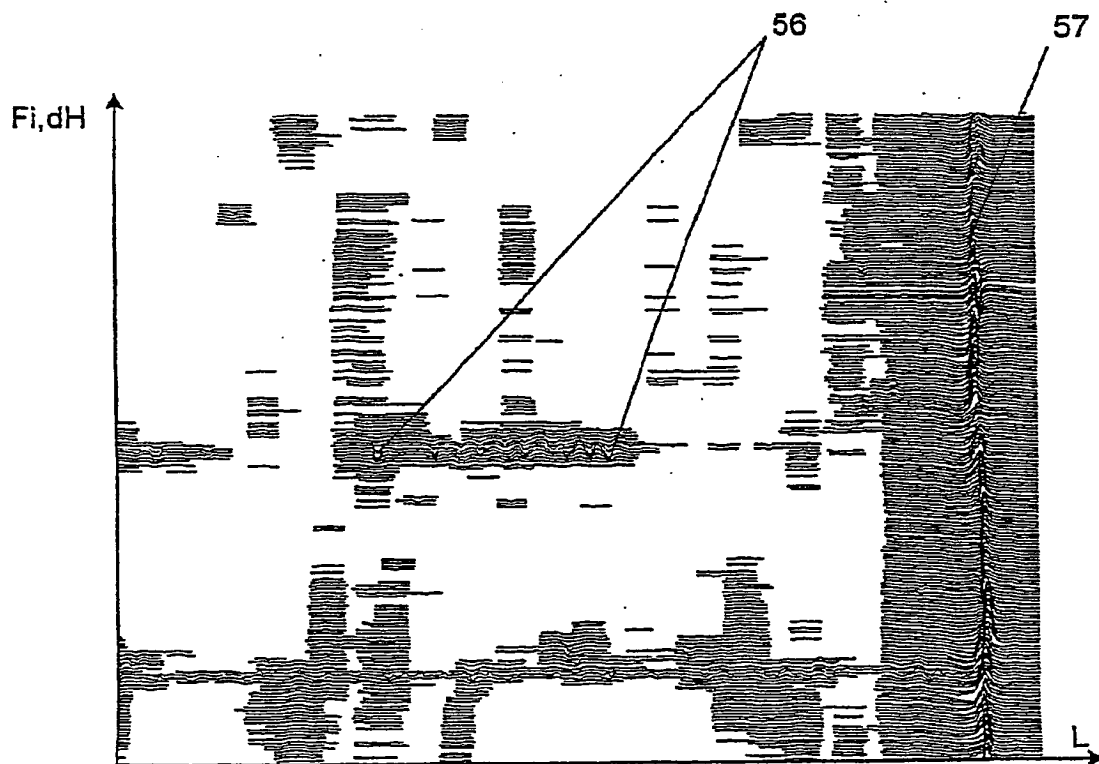


FIG. 8